

XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Grodno, 19,11 maya 2017 goda) : veterinariya, zootekhnika / Grodnenskiy gosudarstvennyy agrarny universitet. – Grodno, 2017. – S. 219–220.

7. Obmen veshchestv i produktivnost' remontnykh telok pri skarmivanii zerna rapsa i lyupina / V. F. Radchikov, V. K. Gurin, V. A. Trokoz [i dr.] // Zootehnicheskaya nauka Belarusi. – 2016. – T. 51, № 2. – S. 30–39.

8. Press-granulyatory, tekhnicheskie osobennosti, vliyaniye granulirovaniya na kachestvennyye pokazateli korma / D. A. Blagov, S. V. Mitrofanov, N. S. Panferov [i dr.] // Kormleniye sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. – 2020. – T. 9. – S. 57–66.

9. Sorokin, A. E. Vliyaniye lyupina na biokhimicheskiye pokazateli krovi zhivotnykh / A. E. Sorokin, V. I. Ruckaya // Effektivnoye zhivotnovodstvo. – 2021. – № 1 (167). – S. 100–102.

10. Effektivnost' ispol'zovaniya premiksa v racione vysokoproduktivnykh korov v period razdoya / M. M. Karpenya, V. N. Podrez, D. A. Orekhov [i dr.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny». – 2024. – T. 60, vyp. 2. – S. 82–85. – DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-2-82-85.

11. Effektivnost' ispol'zovaniya essentsial'nykh mineral'nykh elementov i vitaminov v kormlenii krupnogo rogatogo skota i molochnykh koz : monografiya / I. V. Brylo, N. S. YAKOVCHIK, M. M. Karpenya [i dr.] ; Belorusskiy gosudarstvennyy agrarny tekhnicheskij universitet. – Minsk : BGATU, 2023. – 272 s.

Поступила в редакцию 10.06.2026.

DOI 10.52368/2078-0109-2026-62-3-134-139

УДК 638.124.2

УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ВАРРОА-ЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ (VSH) КАК ФАКТОР ЕСТЕСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЧЕЛ К КЛЕЩУ И ИХ ЭКСТЕРЬЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

*Рудак А.Н. ORCID ID 0009-0002-9971-8794, *Зяц О.В. ORCID ID 0000-0002-6591-0553, **Никитенко М.М.

*УО «Витебская ordena «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

**Пчеловод, Могилевская область, д. Медведовка, Республика Беларусь

В статье изучен поведенческий механизм устойчивости к варроатозу - гигиена, чувствительная к варроа (VSH). Ключевым практическим результатом исследования стало установление прямой сопряженности между экспрессией данного признака и естественной устойчивостью пчел к паразиту. Обнаружена выраженная обратная зависимость: максимальный уровень заклещеванности зафиксирован в группе с низким уровнем гигиенического поведения (1,00%), тогда как у высокогигиеничных пчелосемей пораженность клещом Varroa оказалась минимальной и составила 0,14%. В свою очередь, пчелы с высоким уровнем варроа-чувствительной гигиены являются крупными рабочими особями с достоверно большей шириной 3-го тергита брюшка и правого переднего крыла, что может служить дополнительным маркером при селекционном отборе. **Ключевые слова:** гигиеническое поведение, варроа-чувствительная гигиена (VSH), морфометрические признаки, устойчивость.

THE LEVEL OF EXPRESSION OF VARROA-SENSITIVE HYGIENE (VSH) AS A FACTOR OF NATURAL RESISTANCE OF BEES TO THE MITES AND THEIR EXTERIOR FEATURES

*Rudak A.N., *Zayats O.V., **Nikitenko M.M.

*Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

**Beekeeper, Mogilev region, Medvedovka village, Republic of Belarus

This article examines a behavioral trait for Varroa resistance—varroa-sensitive hygiene (VSH). The key practical result of the study was the establishment of a direct correlation between the expression of the Varroa-sensitive hygiene (VSH) trait and the natural resistance of bees to the parasite. A pronounced inverse relationship was found: the highest mite infestation rate was recorded in the group with low hygiene behavior (1.00%), while in highly hygienic colonies, Varroa mite infestation was minimal, at 0.14%. Bees with high Varroa-sensitive hygiene are larger workers with a significantly larger width of the third abdominal tergite and right forewing, which can serve as an additional marker for selection. **Keywords:** hygiene behavior, Varroa-sensitive hygiene (VSH), morphometric traits, resistance.

Введение. Западная медоносная пчела *Apis mellifera* является одним из наиболее ценных опылителей в мире. В последние несколько десятилетий отмечается увеличение гибели пчелиных семей, в основном в Северном полушарии, возможно, в результате растущего числа взаимодействующих угроз, таких как пестициды, вредители и патогены. Среди паразитарных угроз инвазивный клещ *Varroa destructor* часто определяется как основная макробиотическая причина гибели колоний *A. mellifera* во многих регионах. Этот паразит происходит из Юго-Восточной Азии и переместился со своего первоначального хозяина, *Apis cerana*, на *A. mellifera* в начале двадцатого века, когда последний был занесен на российский Дальний Восток. Паразит быстро распространился по всему миру благодаря глобализированной торговле матками и роями

A. mellifera. В глобальном масштабе лишь немногие районы, включая Австралию, некоторые регионы Северной Европы до сих пор считаются свободными от клещей *V. destructor* и, следовательно, защищенными от пагубного воздействия паразита. Клещ *V. destructor* не смертелен для *A. cerana* из-за коэволюции хозяина и паразита. В отличие от этого, у *A. mellifera* паразит поражает как трутневый расплод, так и более устойчивый расплод рабочих особей (нерепродуктивных самок), что впоследствии приводит к высокому уровню заражения. Таким образом, значительная часть пчелосемей ослабляется из-за питания и переноса патогенов материнского клеща и его потомства. После выхода из ячеек инвазированные особи не способны к полноценной жизнедеятельности или они погибают преждевременно, что препятствует нормальному функционированию и росту пчелосемьи [1, 2].

Пчеловоды используют различные подходы для снижения заражения своих пчел клещами варроа. Наиболее часто рекомендуемым методом лечения является использование лечебных полосок, покрытых синтетическими акарицидами. К сожалению, во всем мире наблюдается развитие устойчивости к этим препаратам у популяций клещей варроа, а остатки акарицидов, как было установлено, загрязняют продукты пчеловодства. Кроме того, действие этих пестицидов негативно сказывается на здоровье пчел, а также устраняет селективное давление естественного заражения клещами, предотвращая коэволюционные процессы, ведущие к стабильным взаимоотношениям хозяин-паразит.

Альтернативная стратегия, разрабатываемая в рамках программ разведения, основанных на количественной генетике, заключается в отборе наследственных признаков, обеспечивающих устойчивость или толерантность к варроатозу. Признаки, представляющие интерес для генетического отбора, – это, прежде всего, поведенческие защитные механизмы [3].

Чувствительная к Варроа гигиена (VSH) – это биологическая защита, при которой пчелы обнаруживают зараженные ячейки расплода, открывают их и удаляют зараженную куколку вместе с клещами.

Фенотипическое проявление признака варроа-чувствительной гигиены основано на сложном взаимодействии обоняния, механического тестирования и генетической предрасположенности пчелы. Основным механизмом распознавания реализуется через восприятие химических сигналов. Улавливая микроконцентрации летучих органических соединений (ЛОС), диффундирующих через пористую восковую крышку, используя свои антенны, рабочие особи формируют специфический «хемосенсорный профиль» каждой сотовой ячейки. Это позволяет им осуществлять неинвазивный скрининг запечатанного расплода в темноте ульевого пространства. Трофическая активность клеща варроа на куколке, который перфорирует ее кутикулу, питаясь гемолимфой и жировым телом, вызывает у нее системный иммунный ответ. В результате высвобождается гормон стресса β -оцимен. В открытом расплоде данное вещество выполняет функцию алломона, регулирующего частоту кормления личинок, однако в герметично закрытой ячейке оно воспринимается как маркер острого физиологического стресса [4].

Пчелы с фенотипом VSH обладают повышенной хеморецепторной чувствительностью не только к метаболитам пораженной куколки, но и к химическим следам самого клеща. В ограниченном пространстве ячейки накапливаются продукты жизнедеятельности клеща и летучие фракции его кутикулярных углеводов. Кроме того, специфические летучие соединения, образующиеся при спаривании клещей (в частности, фракции жирных кислот и их эфиров), эффективно распознаются пчелами, обладающими варроа-чувствительностью [5].

Понимание этих механизмов открывает широкие возможности для направленной селекции. Актуальным вопросом является поиск фенотипических маркеров, сопряженных с экспрессией поведенческих признаков. Совместное изучение этологических реакций и экстерьерных параметров может помочь выявить корреляционные связи между морфометрическими признаками рабочих особей и их способностью к эффективному очищению от паразита. В связи с этим возникает необходимость оценки проявления признака VSH и экстерьерных особенностей пчелиных семей для выявления возможных морфологических индикаторов их устойчивости.

Цель исследований - фенотипическая оценка варроа-чувствительной гигиены и изучение морфометрических признаков пчелиных семей локальных популяций как критериев их устойчивости к варроатозу.

Материалы и методы исследований. Экспериментальная часть работы была выполнена летом 2025 года на пасеке пчеловода Никитенко М.М., расположенной в деревне Медведовка Могилевской области.

Гигиенические испытания проводились двукратно, вне периода главного медосбора (в июле - августе 2025 года). Объектом исследований служили 26 пчелиных семей породы Бакфаст, содержащихся в одинаковых условиях ухода, содержания и кормления.

Гигиеническое поведение пчел, чувствительное к клещу Варроа (Varroa Sensitive Hygiene - VSH), оценивали по интенсивности удаления рабочими особями печатного расплода, предварительно замороженного жидким азотом. Оценка проводилась путем учета изменения

количества запечатанных ячеек до и после пребывания соторамок в пчелосемьях на каждом этапе исследования. В связи с биологическими особенностями размещения расплода, площадь тестовых участков варьировала от 130 до 166 ячеек, что обеспечило объем выборки (не менее 100 ячеек на семью), гарантирующий высокую достоверность индивидуальных показателей гигиенического поведения. Подсчет количества удаленных мертвых личинок в каждой исследуемой области осуществляли путем анализа парных фотографий, фиксирующих состояние сота в нулевой момент времени и через 24 часа. Эффективность удаления оценивали по числу очищенных ячеек на итоговом снимке, выражая данный показатель в процентах от общего количества расплода на исходной фотографии по формуле:

$$X = ((N \text{ всего} - N \text{ неочищ}) / N \text{ всего}) \times 100, \text{ где} \quad (1)$$

$N \text{ всего}$ – общее количество запечатанных ячеек на участке в исходный момент времени

$N \text{ неочищ}$ – количество оставшихся неочищенных ячеек через 24 часа.

На основе полученных результатов экспериментальные колонии были классифицированы по степени выраженности признака на 3 группы. К группе с высоким уровнем гигиенического поведения относили семьи, у которых показатели удаления убитого расплода превышали 80,0%, к группе со средним уровнем – от 60,0% до 79,9%, а к группе с низким уровнем – те, у которых за 24 часа удалялось менее 59,9% расплода.

На следующем этапе работы, после проведения этологических тестов и дифференциации пчелосемей, осуществляли оценку морфометрических признаков пчел по методу, предложенному Г.А. Кожевниковым, доработанному В.В. Алпатовым в современном изложении НИИ пчеловодства [6].

Исследование степени заклещеванности пчелиных семей эктопаразитом *Varroa destructor* проводили по общепринятым в пчеловодстве стандартным методикам с использованием метода смыва паразитов моющим средством [7]. Пробы рабочих пчел в количестве 200 штук отбирали из центральной расплодной зоны гнезда. Степень инвазии рассчитывали по формуле:

$$X = (N \text{ кл} / N \text{ пч}) \times 100, \text{ где} \quad (2)$$

$N \text{ кл}$ – общее количество обнаруженных в пробе клещей, шт.

$N \text{ пч}$ – общее количество пчел в исследуемой пробе, шт.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методами вариационной статистики с построением вариационных рядов по общепринятым методикам биометрического анализа [8]. Для характеристики исследуемых признаков рассчитывали среднее арифметическое значение (M), ошибку средней арифметической (m) и коэффициент вариации (C_v , %). Достоверность различий между экспериментальными группами пчелиных семей оценивали с помощью t – критерия Стьюдента. Вычисления выполняли в программе MS Excel.

Результаты исследований. По результатам проведенного исследования экспериментальная популяция пчелиных семей была дифференцирована на три группы по уровню экспрессии гигиенического поведения (таблица 1).

Таблица 1 - Распределение исследованных пчелиных семей по уровню гигиенического поведения (N=26)

Уровень гигиенического поведения	Границы интервала (% очистки)	Среднее значение, %	Кол-во, шт.	%
Низкий	40,0-59,9	50,0	4	15,4
Средний	60,0-79,9	70,0	4	15,4
Высокий	80,0-100,0	90,0	18	69,2
Итого:			26	100,0

Согласно построенному вариационному ряду, к группе с низким уровнем гигиены (в пределах интервала от 40,0% до 59,9%) были отнесены 4 пчелосемьи, что составило 15,4% от общей выборки. К семьям со средним уровнем - от 60,0% до 79,9% (4 семьи, или 15,4%). Абсолютное большинство исследованных пчелиных семей (18 колоний, или 69,2%) продемонстрировало высокий уровень гигиенического поведения, удалив от 80,0% до 100,0% замороженного расплода за 24-часовой интервал экспозиции.

Количественная оценка эффективности очистки и сопутствующий уровень пораженности пчелосемей клещом *Varroa* в разрезе выделенных групп представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность очистки ячеек и заклецованность пчелосемей с различным уровнем варроа-чувствительной гигиены

Группа пчелосемей по уровню гигиенического поведения	Количество семей (n)	Средняя эффективность очистки в тесте №1, %	Средняя эффективность очистки в тесте №2, %	Средний процент очистки ячеек через 24 ч., %	Заклецованность, %
Низкий (40-59,9%)	4	52,25±4,31*	44,00±2,68**	48,25±3,50**	1,00
Средний (60-79,9%)	4	70,75±3,09	66,25±3,33	68,25±2,43*	0,75
Высокий (80-100%)	18	93,89±1,43*	94,50±1,27*	94,28±1,23*	0,14
По всей популяции	26	83,92±3,46	82,38±4,08	83,23±3,64	0,37

Примечания: здесь и далее различия достоверны при * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$.

Средняя эффективность очистки ячеек по всей популяции в тесте №1 составила 83,92±3,46%, в тесте №2 – 82,38±4,08%. Проведенный статистический анализ выявил достоверные различия между экспериментальными группами. Пчелосемьи с высоким уровнем варроа-чувствительной гигиены достоверно превосходили средние показатели по всей популяции как в тесте №1 (93,89±1,43% при $P \leq 0,05$), так и в тесте №2 (94,50±1,27% при $P \leq 0,05$), а пчелосемьи с низким уровнем имели достоверно более низкие показатели очистки в тесте №1 (52,25±4,31% при $P \leq 0,05$) и в тесте №2 (44,00±2,68% при $P \leq 0,01$). Итоговый средний процент очистки ячеек за 24 часа составил 83,23±3,64%. Группа с низким уровнем показала статистически значимое снижение эффективности очистки до 48,25±3,50% ($P \leq 0,01$), в то время как группа с высоким уровнем гигиенического поведения очистила 94,28±1,23% ячеек ($P \leq 0,05$) по сравнению со средними показателями по всей популяции. Полученные результаты доказывают, что экспрессия варроа-чувствительного гигиенического поведения является стабильным этологическим признаком пчелиной семьи, а используемая схема тестирования обладает высокой степенью надежности и воспроизводимости результатов.

В ходе исследования была проанализирована взаимосвязь между гигиеническим поведением пчел (VSH) и степенью их поражения клещом *Varroa destructor*. Установлена строгая обратная зависимость инвазированности пчелосемей клещом *Varroa destructor* и интенсивности очистки ячеек. В группе с максимальным уровнем очистки зафиксировано минимальное поражение паразитом – 0,14% по сравнению с низко- и среднегигиеничными группами, где процент заклецованности составил 1,00% и 0,75% соответственно. Расчет линейного коэффициента корреляции показал значение $r = -0,44$ ($P < 0,05$), что указывает на статистически значимую умеренную обратную связь. Отрицательный характер зависимости доказывает биологическую эффективность очистительного поведения: интенсивность очищения гнезда пчелиной семьей напрямую способствует снижению уровня заклецованности.

На следующем этапе исследований был проведен комплексный анализ, направленный на выявление взаимосвязи между уровнем VSH пчелиных семей и морфометрическими признаками рабочих особей, позволяющий оценить влияние экстерьерного профиля на проявление этого компонента социального иммунитета пчелосемьи. Оценка экстерьерных особенностей исследуемых групп пчел по основным показателям представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Морфометрические показатели хоботка, брюшка и крыла рабочих пчел в группах с различным уровнем гигиенического поведения

Группа пчелосемей по уровню гигиенического поведения	Кол-во семей / кол-во пчел, n	Длина хоботка, мм		Длина 3-го тергита брюшка, мм		Ширина 3-го тергита брюшка, мм		Длина переднего крыла, мм		Ширина переднего крыла, мм	
		M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv
Низкий (40-59,9%)	4/120	6,42±0,012	1,99	2,27±0,006	2,67	4,89±0,012	2,57	9,33±0,013	1,49	3,18±0,006	1,96
Средний (60-79,9%)	4/120	6,38±0,012	1,89	2,24±0,008	3,42	4,83±0,014*	2,94	9,29±0,014	1,56	3,20±0,006	2,08
Высокий (80-100%)	18/540	6,39±0,007	2,43	2,26±0,003	2,95	4,93±0,008*	3,51	9,34±0,010	2,31	3,20±0,003*	2,37
По всей популяции	26/780	6,40±0,006	2,22	2,26±0,003	2,92	4,90±0,007	3,28	9,33±0,008	1,93	3,19±0,003	2,24

Сопоставление полученных данных показало, что рабочие особи всех исследованных групп характеризуются высокой однородностью и стабильностью основных морфометрических признаков. При оценке длины хоботка установлено, что максимальные значения данного признака характерны для особей из группы с низким уровнем варроа-чувствительной гигиены ($6,42 \pm 0,012$ мм). У пчел со средним уровнем зафиксировано снижение длины хоботка до минимальных значений - $6,38 \pm 0,012$ мм, в то время как у высокогигиеничных семей показатель установился на уровне $6,39 \pm 0,007$ мм (различия между группами не имеют статистической достоверности). Необходимо отметить, что длина хоботка характеризуется минимальным коэффициентом вариации ($C_v = 1,89-2,43\%$), что указывает на высокую консолидацию данного признака в исследуемой популяции.

При анализе длины 3-го тергита брюшка установлено, что показатели высокогигиеничных пчел ($2,26 \pm 0,003$ мм) полностью соответствуют среднему значению по популяции ($2,26 \pm 0,003$ мм). Максимальные значения признака отмечены в группе с низким уровнем гигиены ($2,27 \pm 0,006$), а минимальные – в группе со средним уровнем ($2,24 \pm 0,008$ мм). Данные отклонения не имеют статистической значимости, однако указывают на определенную биологическую тенденцию. Коэффициент вариации во всех группах оставался низким ($C_v = 2,67-3,42\%$).

Характерно, что по ширине 3-го тергита рабочие особи со средним уровнем гигиенического поведения уступали остальным группам, демонстрируя минимальное значение $4,83 \pm 0,014$ мм, разница со средним значением по популяции достоверна на первом уровне значимости ($P \leq 0,05$). Напротив, пчелы из группы с высоким проявлением VSH-поведения (80-100%) характеризовались наиболее развитым брюшком, достоверно превосходя средние популяционные значения по ширине 3-го тергита $4,93 \pm 0,008$ мм ($P \leq 0,05$). Коэффициент вариации размеров тергита оставался на уровне $2,57-3,51\%$.

Средняя длина переднего крыла варьировала от $9,29 \pm 0,014$ мм (в группе со средним уровнем VSH) до $9,34 \pm 0,010$ мм (в группе с высоким уровнем VSH) при среднем популяционном значении $9,33 \pm 0,008$ мм, коэффициент вариации - $1,49-2,31\%$. При анализе ширины переднего крыла, установлено, что у пчел из высокогигиеничных семей (80,0-100,0%) зафиксировано достоверное увеличение ширины крыла до $3,20 \pm 0,003$ мм ($P \leq 0,05$) по сравнению со средним значением по всей популяции ($3,19 \pm 0,003$ мм). Наряду с установленным ранее увеличением ширины 3-го тергита брюшка это указывает на то, что высокий уровень варроа-чувствительной гигиены характерен для более крупных и физически развитых рабочих особей.

Для более детального анализа было проведено изучение линейных параметров переднего крыла рабочих особей (таблица 4).

Таблица 4 – Линейные параметры переднего крыла рабочих пчел в группах с различным уровнем гигиенического поведения

Группа пчелосемей по уровню гигиенического поведения	Кол–во семей /кол–во пчел, n	Кубитальный индекс, %		Гантельный индекс, усл. ед.		Дискоидальное смещение, %		
		M±m	Cv	M±m	Cv	отрицательное	нулевое	положительное
Низкий (40-59,9%)	4/120	$40,27 \pm 0,577$	14,96	$0,99 \pm 0,006$	6,54	8,30	24,2	67,50
Средний (60-79,9%)	4/120	$41,27 \pm 0,736$	18,62	$1,02 \pm 0,006$	6,61	0,80	7,50	91,70
Высокий (80-100%)	18/540	$40,87 \pm 0,293$	16,09	$1,00 \pm 0,003^*$	7,65	2,21	21,80	75,90
По всей популяции	26/780	$40,84 \pm 0,284$	16,04	$1,01 \pm 0,003$	6,50	2,90	20,00	77,10

Анализ индексных характеристик переднего крыла показал неоднозначные результаты. Так, кубитальный индекс во всех опытных группах находился в пределах $40,27-41,27\%$. Отсутствие статистически значимых различий и высокая степень изменчивости признака ($C_v = 14,96-18,62\%$) указывают на отсутствие взаимосвязи данного параметра с проявлением варроа-чувствительной гигиены у пчелиных семей.

В исследуемой популяции отмечено доминирование положительного дискоидального смещения, частота встречаемости которого составила $77,10\%$. Пчелы с низким уровнем VSH-поведения имели максимальную долю отрицательного ($8,30\%$) и минимальную долю положительного дискоидального смещения ($67,50\%$). В группе со средним уровнем гигиенического поведения зафиксирован сдвиг в сторону положительного дискоидального смещения, частота встречаемости которого достигла $91,70\%$, при минимальных значениях нулевого ($7,50\%$) и отрицательного ($0,80\%$). Высокогигиеничная группа оказалась наиболее сбалансированной и близкой к общим показателям по популяции ($75,9\%$ положительного и $21,80\%$ нулевого смещения),

что указывает на сохранение адаптивного оптимума у пчел с максимальным уровнем варроа-чувствительной гигиены.

Заключение. Рабочие пчелы из высокогигиеничных пчелосемей (80,0-100,0%) характеризуются наилучшим развитием морфометрических параметров тела. Для них характерно достоверное увеличение ширины 3-го тергита брюшка до $4,93 \pm 0,008$ мм ($P \leq 0,05$) и ширины правого переднего крыла до $3,20 \pm 0,003$ мм ($P \leq 0,05$). Данные показатели могут служить косвенными маркерными ориентирами при селекции.

Пчелосемьи с высоким уровнем VSH-активности (80,0-100,0%) показали снижение уровня заклещеванности до минимального значения 0,14%, что ниже в 7 раз показателя низкогигиеничной группы (1,00%).

Таким образом, высокая экспрессия варроа-чувствительной гигиены (более 80,0% очистки за сутки) является эффективным механизмом сдерживания численности популяции паразита *Varroa destructor*.

Conclusion. Worker bees from high-hygiene colonies (80,0-100,0%) exhibit the best development of body morphometric parameters. They exhibit a significant increase in the width of the third abdominal tergite to 4.93 ± 0.008 mm ($P \leq 0.05$) and the width of the right forewing to 3.20 ± 0.003 mm ($P \leq 0.05$). These parameters can serve as indirect markers for selection.

Columbias with high levels of VSH activity (80,0-100,0%) showed a reduction in mite infestation to a minimum of 0.14%, which is seven times lower than the low-hygiene group (1.00%).

Thus, high levels of Varroa-sensitive hygiene (more than 80,0% cleaning per day) are effective in controlling the *Varroa destructor* parasite population.

Список литературы.

1. Guichard, M. Advances and perspectives in selecting resistance traits against the parasitic mite *Varroa destructor* in honey bees / M. Guichard // *Genetics Selection Evolution*. – 2020. – Vol. 52, № 1. – P. 1–22.
2. Lefebvre, R. Population-wide modelling reveals prospects of marker-assisted selection for parasitic mite resistance in honey bees / R. Lefebvre // *Scientific reports*. – 2024. – Vol. 14, № 1. – Art. 7866. – P. 1–13. – DOI: 10.1038/s41598-024-58596-5.
3. Morin, M.-L. Mite non-reproduction, recapping behavior, and hygienic behavior (freeze-kill method) linked to *Varroa destructor* infestation levels in selected *Apis mellifera* colonies / M.-L. Morin, P. Giovenazzo // *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. – 2023. – Vol. 35, № 6. – P. 655–663.
4. Maisonnasse, A. E-b-Ocimene, a Volatile Brood Pheromone Involved in Social Regulation in the Honey Bee Colony (*Apis mellifera*) / A. Maisonnass // *PLoS ONE*. – 2010. – Vol. 5, № 10. – P. 1–6. – doi:10.1371/journal.pone.0013531.
5. Zhao, Q. Varroa Volatiles Offer Chemical Cues to Honey Bees for Initial Parasitic Recognition / Q. Zhao // *Biomolecules*. – 2025. – Vol. 15, № 1. – P. 1–12. – doi.org/10.3390/biom15010066.
6. Морфометрическая и молекулярно-генетическая характеристика популяций медоносных пчел Витебской области / А. Н. Рудак, О. В. Заяц, Ан. Н. Рудак, А. А. Галиновский // *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины*. – 2026. – Т. 62, № 1. – С. 71–76. – DOI 10.52368/2078-0109-2026-62-1-71-76. – EDN SILJRS.
7. Standard methods for varroa research / V. Dietemann [et al.] // *Journal of Apicultural Research*. – 2013. – Vol. 52, № 1. – P. 1–54. – doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : Высшая школа, 1973. – 320 с.

References.

1. Guichard, M. Advances and perspectives in selecting resistance traits against the parasitic mite *Varroa destructor* in honey bees / M. Guichard // *Genetics Selection Evolution*. – 2020. – Vol. 52, № 1. – P. 1–22.
2. Lefebvre, R. Population-wide modelling reveals prospects of marker-assisted selection for parasitic mite resistance in honey bees / R. Lefebvre // *Scientific reports*. – 2024. – Vol. 14, № 1. – Art. 7866. – P. 1–13. – DOI: 10.1038/s41598-024-58596-5.
3. Morin, M.-L. Mite non-reproduction, recapping behavior, and hygienic behavior (freeze-kill method) linked to *Varroa destructor* infestation levels in selected *Apis mellifera* colonies / M.-L. Morin, P. Giovenazzo // *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. – 2023. – Vol. 35, № 6. – P. 655–663.
4. Maisonnasse, A. E-b-Ocimene, a Volatile Brood Pheromone Involved in Social Regulation in the Honey Bee Colony (*Apis mellifera*) / A. Maisonnass // *PLoS ONE*. – 2010. – Vol. 5, № 10. – P. 1–6. – e13531. doi:10.1371/journal.pone.0013531.
5. Zhao, Q. Varroa Volatiles Offer Chemical Cues to Honey Bees for Initial Parasitic Recognition / Q. Zhao [et al.] // *Biomolecules*. – 2025. – Vol. 15, № 1. – P. 1–12. – doi.org/10.3390/biom15010066.
6. Морфометрическая и молекулярно-генетическая характеристика популяций медоносных пчел Витебской области / А. Н. Рудак, О. В. Заяц, Ан. Н. Рудак, А. А. Галиновский // *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины*. – 2026. – Т. 62, № 1. – С. 71–76. – DOI 10.52368/2078-0109-2026-62-1-71-76. – EDN SILJRS.
7. Standard methods for varroa research / V. Dietemann [et al.] // *Journal of Apicultural Research*. – 2013. – Vol. 52, № 1. – P. 1–54. – doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09.
8. Rokickij, P. F. Biologicheskaya statistika / P. F. Rokickij. – 3-е изд., ispr. i dop. – Minsk : Vyshejschaya shkola, 1973. – 320 s.

Поступила в редакцию 17.07.2026.